

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-184773

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

H02P 6/12
H02P 21/00
// B62D 5/04
B62D 6/00

(21)Application number : 10-356801

(71)Applicant : TOYODA MACH WORKS LTD

(22)Date of filing : 15.12.1998

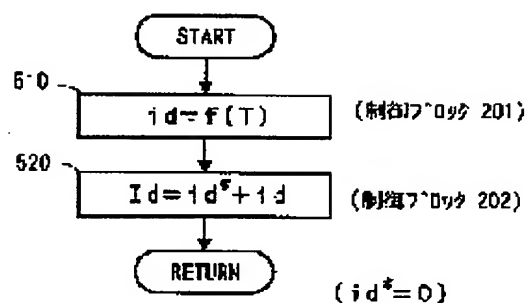
(72)Inventor : NAGASHIMA ICHIRO
KODAMA KAZUMASA

(54) MOTOR CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive low power consumption motor controller adaptable to high temperature.

SOLUTION: In d-axis current correcting process, the value of d-axis correction current i_d is determined, at first, at step 510 according to formula $i_d=f(T)$, where (f) is a function for determining the d-axis correction current i_d from the temperature T. At step 520, a command current I_d corrected depending on the temperature T of the d-axis is determined according to formula $I_d=i_d^*+i_d$. Since the command current for driving the motor M has a d-axis component not equal to 0, magnetic force (flux) of a permanent magnet which weakens as the temperature rises can be compensated when the temperature is high. The current amplitude I_m is determined according to formula $I_m=(2/3)^{1/2}(i_q^2+i_d^2)$. When $0<i_d\leq\Delta i_q$, the current amplitude I_m decreases as compared with a conventional case resulting in a small, inexpensive, low power consumption motor controller.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3567770

[Date of registration] 25.06.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-184773

(P2000-184773A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 2 P 6/12		H 0 2 P 6/02	3 5 1 P 3 D 0 3 2
21/00		B 6 2 D 5/04	3 D 0 3 3
// B 6 2 D 5/04		6/00	5 H 5 6 0
6/00		H 0 2 P 5/408	D 5 H 5 7 6

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-356801

(22) 出願日 平成10年12月15日 (1998. 12. 15)

(71) 出願人 000003470

豊田工機株式会社

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地

(72) 発明者 長島 一郎

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内

(72) 発明者 小玉 和正

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内

(74) 代理人 100087723

弁理士 藤谷 修

最終頁に続く

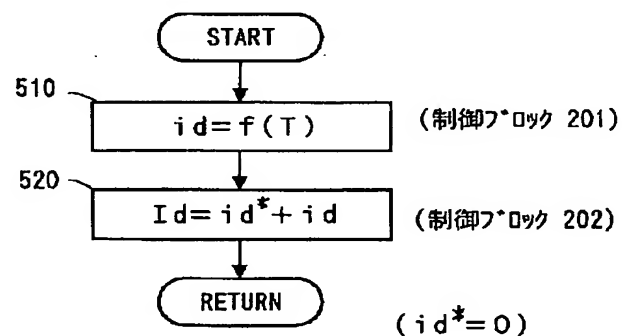
(54) 【発明の名称】 モータ制御装置

(57) 【要約】

【課題】 高温に適応する低価格、低消費電力のモータ制御装置を提供する。

【解決手段】 d 軸電流補正処理では、まず最初に、ステップ510により、d 軸の補正電流 i_d の値を「 $i_d = f(T)$ 」に従って決定する。ただし、 f は温度 T より d 軸補正電流 i_d を求める関数である。ステップ520では、「 $I_d = i_d^* + i_d$ 」に従って d 軸の温度 T に応じた補正後の指令電流 I_d を決定する。これにより、モータ M を駆動するための指令電流は、0 でない d 軸成分を持つため、高温時には温度の上昇に伴って弱まる永久磁石の磁力 (磁束) を補うことが可能となる。この時、電流振幅 I_m は「 $I_m = (2/3)^{1/2} (i_q^2 + i_d^2)^{1/2}$ 」により与えられる。従って、「 $0 < i_d \leq \Delta i_q$ 」なる場合には、電流振幅 I_m は従来よりも小さくなり、モータ制御装置の小型化、低価格化、低消費電力化が実現できる。

〔d 軸電流補正処理〕



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 界磁電流の方向を d 軸方向に、この d 軸と直交する方向を q 軸方向にもつ二相回転磁束座標系で記述され得るベクトル制御により、モータを制御するモータ制御装置において、

前記モータの温度を測定又は予測演算する温度検出手段と、

前記温度検出手段により検出された前記温度に応じて、電機子電流の d 軸成分である d 軸電流を補正する d 軸電流補正手段とを有することを特徴とするモータ制御装置。

【請求項 2】 前記温度が一定値を上回った際には、前記 d 軸電流を前記 d 軸方向の正の向きに補正し、前記温度が一定値を下回った際には、前記 d 軸電流を前記 d 軸方向の負の向きに補正することを特徴とする請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【請求項 3】 前記温度が一定値を上回った際には、前記 d 軸電流を前記 d 軸方向の正の向きに補正し、前記温度が一定値を下回った際には、q 軸電流を前記 q 軸方向の負の向きに補正することを特徴とする請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、二相回転磁束座標系（d q 座標系）で記述され得るベクトル制御により、*

$$\Delta i_q = F(T)$$

ただし、ここで、T はモータ M の温度、F は温度 T より q 軸補正電流 Δi_q を求める関数である。ステップ 136 では、q 軸の指令電流 i_q^* を Δi_q だけ増加することにより、q 軸の指令電流 i_q^* に対してモータ M の温度 T に応じた補正を行う。本ステップ 136 は、図 11 の制御 122 に相当するものである。

【0006】図 13 に、モータ温度 T に対する q 軸補正電流 Δi_q のグラフを示す。このように上記の関数 F を適当に定めれば、モータ M の温度上昇により弱まった永※

$$I_m = (2/3)^{1/2} (i_q^* + \Delta i_q)$$

【0008】

【発明が解決しようとする課題】モータの駆動回路などのモータ制御装置の部品の規格は、モータの消費電力や駆動電流の振幅の最大値に大きく依存するため、モータ制御装置を小型化し、モータ制御装置の生産コストを低減する上では、モータ駆動電流の振幅 I_m は、より小さい方が望ましい。しかしながら、所望のトルクを得るためには、式（1）、（2）及び図 13、図 14 から判るように、モータ駆動電流の振幅 I_m は、モータ温度 T に応じて大きくしなければならず、生産コストの面で問題となっている。

【0009】また、モータ駆動電流の振幅 I_m を上記のように（1）、（2）に従って大きくした場合、電機子の抵抗損が増大し、エネルギー効率の上でも問題とな

*モータを制御するモータ制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】モータの温度が常温よりも高くなると、永久磁石や鉄芯の磁力（磁束）が弱まるため、所望のトルクを得られなくなる場合がある。このような問題に対して対策を講じたモータ制御装置には、例えば、公開特許公報「特開平 10-67335 号：電動パワーステアリング装置」に記載されたものなどがある。

【0003】一般に知られている類似の従来技術によるモータ制御装置の制御ブロック・ダイアグラムを図 11 に示す。本従来技術の最も大きな特徴は、制御ブロック 121 と制御 122 の作用により、q 軸電流の指令値 i_q^* （q 軸の指令電流）をモータの温度に応じて補正する点にある。以下、この補正処理を q 軸電流補正処理という。

【0004】従来のモータ制御装置（図 11）における q 軸電流補正処理のフローチャートを図 12 に示す。本フローチャートは、図 11 の所定のトルク電流変換（制御ブロック 207）の処理を実行した後に、サブルーチンとして呼び出され、実行されるものである。

【0005】本 q 軸電流補正処理では、まず最初に、図 11 の制御ブロック 121 に相当するステップ 134 により、次式（1）を用いて、q 軸補正電流（q 軸の補正値） Δi_q を算出する。

【数 1】

$$\dots (1)$$

※久磁石や鉄芯の磁力を補うことができるので、モータ温度 T が上昇した場合にも、モータ M より所望のトルクを得ることができる。

【0007】図 14 に、このモータ制御装置の指令電流のベクトル図（モータ高温時）を示す。本ベクトル図から判るように、上記の補正が行われた際の、モータ駆動電流の振幅 I_m は、次式（2）によって与えられる。

【数 2】

$$\dots (2)$$

る。また、電機子の抵抗損が上記のように（1）、

（2）に従って大きくなった場合には、モータ温度 T が、抵抗損の増加に伴って更に高く成り易くなるため、更にモータ駆動電流を増大させるという悪循環に陥り易いという問題が有った。

【0010】本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、モータ温度の上昇に追従しながら所望のトルクを出力できる、小型で低価格、低消費電力のモータ制御装置を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。即ち、第 1 の手段は、界磁電流の方向を d 軸方向に、q 軸電流の方向を q 軸方向にもつ二相回転磁束座標系で記述され得るベクトル

ル制御により、モータを制御するモータ制御装置において、モータの温度を測定又は予測演算する温度検出手段と、この温度検出手段により検出された温度に応じて、d 軸電流を補正する d 軸電流補正手段とを備えることである。

【0012】また、第2の手段は、上記の第1の手段において、上記の温度が一定値を上回った際には d 軸電流を d 軸方向の正の向きに補正し、上記の温度が一定値を下回った際には d 軸電流を d 軸方向の負の向きに補正することである。

【0013】更に、第3の手段は、上記の第1の手段において、上記の温度が一定値を上回った際には d 軸電流を d 軸方向の正の向きに補正し、上記の温度が一定値を下回った際には q 軸電流を q 軸方向の負の向きに補正することである。以上の手段により、前記の課題を解決することができる。

【0014】

【作用及び発明の効果】本発明の手段によれば、検出されたモータ又はその永久磁石の温度に応じて、d 軸電流を補正するため、式(2)に示す Δi_q のように、q 軸補正電流が、直接そのままの形でモータ駆動電流の振幅 I_o を増加させることがない。従って、本発明の手段を用いれば、この作用によりモータ駆動電流の振幅 I_o の増加を後述の式(10)に示す様に比較的小さく抑制することができるので、モータ温度の上昇に追従しながら所望のトルクを出力するモータ制御装置の小型化、低価格化、低消費電力化が実現できる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。

(第1実施例)図1に、本発明の第1及び第2実施例におけるパワー・ステアリング・システム80のハードウェア構成図を示す。ステアリングシャフト10の一端には、ステアリングホイール11が取り付けられ、他端にはギヤボックス12に軸承されたピニオン軸13が結合されている。ピニオン軸13は、ギヤボックス12に嵌装されたラック軸14に嚙合され、このラック軸14の両端は図示していないが、ボールジョイント等を介して操向車輪に連結されている。また、ステアリングシャフト10には、アシストトルクを発生するブラシレス直流モータMが、歯車17を介して連結されている。この直流モータMには、駆動回路113より電流検出器115を介して3相より成るモータ駆動電流 i_u , i_v , i_w が供給されている。

【0016】更に、ステアリングシャフト10には、運転者からステアリングホイール11に加えられたマニュアル操舵力の大きさ及びその方向(操舵トルク τ)を検

$$\tau^* = G(\tau, u, \phi, d\phi/dt)$$

ただし、ここでGは、所定のトルク計算を実行する関数である。

*出するためのトルク検出器15及び、ステアリングシャフト10の操舵角 ϕ を検出するフォトインタラプタ30が設けられている。フォトインタラプタ30の出力はカウンタ32に入力され、操舵角 ϕ に変換されて出力される。この操舵角 ϕ は、入力インターフェイス(IF)114を介してCPU110に入力され、CPU110の演算により操舵角速度($d\phi/dt$)が検出される。

【0017】モータMには、モータMの回転角を検出する回転角センサ(エンコーダ)Eが設けられており、CPU110は、回転角センサEが出力するモータMの所定微小回転角の回転回数nを入力することにより、モータMの回転角 θ を検出する。即ち、この回転回数nは、モータMが所定方向に回転した際には増加し、その逆方向に回転した際には減少する。温度センサ16は、モータMの温度Tを検出し、CPU110に入力インターフェイス(IF)114を介して出力する。

【0018】モータ制御装置100は、前記のCPU110、ROM111、RAM112、駆動回路113、入力インターフェイス(IF)114、電流検出器115等から構成されている。駆動回路113は、図略のバッテリー、PWM変換器、PMOS駆動回路等から構成され、チョップ制御により駆動電流を正弦波にしてモータMに電力を供給する。モータ制御装置100は、上記の操舵トルク τ 、操舵角 ϕ 及び、車速計50により検出される車両速度uを入力インターフェイス(IF)114を介してCPU110に入力し、これらの入力値から所定のトルク計算により、モータ温度Tに応じた補正を行う前のd軸とq軸の各電流指令値(i_d^* , i_q^*)を決定する。

【0019】本第1実施例におけるモータ制御装置100の制御ブロック・ダイアグラムを図2に、本第1実施例及び第2実施例におけるベクトル制御処理のゼネラル・フローチャートを図3にそれぞれ示す。図3は、図2及び後述の図9の制御ブロック・ダイアグラムの内のソフトウェアによって構成されている範囲の各制御ブロックの動作等をその制御処理の実行順序に従って記載したものである。

【0020】このベクトル制御処理(図3)では、まず最初に、ステップ405により初期設定及び初期診断等の初期処理を実行する。次にステップ410では、モータMの駆動制御に必要な物理量の入力を行う。この物理量とは、操舵トルク τ 、操舵角 ϕ 、車両速度u、モータ駆動電流 i_u , i_v 、モータMの温度T、モータMの所定微小回転角の回転回数n等である。ステップ415では、次式(3)に従って、アシスト・トルクの指令値 τ^* を算出する。

【数3】

$$\dots (3)$$

【0021】ステップ420では、図2の制御ブロック207に相当するトルク電流変換を次式(4)に従って

実行する。

$$i_{q^*} = h(\tau^*)$$

ただし、ここで h は、所定のトルク電流変換を実行する関数である。

【0022】ステップ425、ステップ430では、図2の制御ブロック205に相当する2相変換及び d q 変換を実行する。これにより、 d 軸及び q 軸の測定電流（フィード・バック電流） i_{df} 、 i_{qf} が得られる。ステップ435では、図2の制御ブロック201、202、即ち、後述の d 軸電流補正処理（図4）に相当する *10

$$\Delta I_d = I_d - i_{df},$$

$$\Delta I_q = I_q - i_{qf}$$

ただし、ここで、 ΔI_d 、 I_d はそれぞれ d 軸の、電流偏差、及び、ステップ435による温度補正後の指令電流である。これらは、 q 軸に関しても同様である。

【0024】ステップ445では、図2の PI 制御ブロックに相当する所定の PI 制御を実行する。ステップ450、ステップ455では、図2の制御ブロック206に相当する3相変換及び d q 逆変換を実行する。これにより、 d 軸及び q 軸の各指令電圧 V_d^* 、 V_q^* が、
20 U 、 V 、 W の各相に対する指令電圧 V_u 、 V_v 、 V_w にそれぞれ変換される。ステップ460では、チョップ制御を実行するための PWM 信号を駆動回路113に対して出力する。

【0025】ステップ465では、モータ M の駆動（ベクトル制御処理）を終了する条件が成立するか否かの判※

$$i_d = f(T)$$

ただし、ここで、 f は図5に示す温度 T より d 軸補正電流 i_d を求める関数である。

【0027】図2の制御ブロック202に相当するステ★30

$$I_d = i_d^* + i_d$$

これにより、モータ M を駆動するための指令電流は、0でない d 軸電流（界磁電流成分）を持ち得るため、高温時には温度の上昇に伴って弱まる永久磁石や鉄芯の磁力（磁束）を捕うことが可能となる。

【0028】図6、図7、図8に、上記の処理により補正された指令電流（ I_d 、 I_q ）のベクトル図を示す。☆

$$I_d = f(T_0) = 0$$

【数9】

$$I_m = (2/3)^{1/2} i_{q^*}$$

【0029】また、(6)、(7) 及び図5より判る様に、 $T \geq T_0$ 、或いは、 $T < T_0$ なる一般の場合には、図7、図8に示す様に、電流振幅 I_m は次式(10)に◆

$$I_m = (2/3)^{1/2} (i_{q^*}^2 + i_d^2)^{1/2}$$

従って、次式(11)の条件が成り立つ場合には、(1

0) により与えられる電流振幅 I_m は、従来技術の(2)により与えられる電流振幅 I_m よりも小さくな *

$$0 < i_d \leq \Delta i_q$$

【0030】従って、本第1実施例によれば、(11) が成立する範囲において、従来よりもモータ駆動電流の

【数4】

… (4)

*指令電流補正を実行する。本発明の最も大きな特徴は、後述する様に、このステップ435のより具体的な実現方式にある。

【0023】ステップ440では、図2の制御ブロック203、204に相当する電流偏差演算を次式(5)に従って実行する。

【数5】

… (5)

※定を行う。モータ制御装置100の故障等が検知された場合、車両のイグニッションキーがOFF状態になった場合等にこの終了条件が成立する。本終了条件が成り立たない場合には、ステップ410に処理を戻し、ステップ410以下の処理を繰り返し実行する。

【0026】図4に、本第1実施例における d 軸電流補正処理のフローチャートを示す。本 d 軸電流補正処理は、図3のステップ435に示されるサブルーチンとして呼び出されるものである。本 d 軸電流補正処理では、まず最初に、図2の制御ブロック201に相当するステップ510により、 d 軸の補正電流 i_d の値を次式(6)に従って決定する。

【数6】

… (6)

★ッ520では、次式(7)に従って d 軸の温度 T に応じた補正後の指令電流 I_d を決定する。

【数7】

… (7)

☆図6は、モータ常温時 ($T = T_0$) の指令電流 (I_d 、 I_q) のベクトル図である。モータ常温時には、(6)、(7) 及び図5より、次式(8)が成り立つため、電流振幅 I_m は、次式(9)により与えられる。

【数8】

… (8)

… (9)

◆より与えられる。

【数10】

… (10)

*る。

【数11】

… (11)

振幅 I_m のモータ温度上昇による増加を小さく抑制することができる。即ち、本第1実施例によれば、モータ温

度の上昇に追従しながら所望のトルクを出力するモータ制御装置の小型化、低価格化、低消費電力化が実現できる。また、本第1実施例によれば、(6)により、補正電流を1つの関数 f で統一的に決定することができるという効果も得られる。

【0031】(第2実施例)上記の第1実施例の図3の説明でも述べたように、図3のベクトル制御処理のゼネラル・フローチャートは、図9の制御ブロック・ダイアグラムの内のソフトウェアによって構成されている範囲の各制御ブロックの動作等をも同時に示しており、本発明の最も大きな特徴は、この図3のステップ435の具体的な実現方式にある。本第2実施例では、このステップ435において、図9の制御ブロック901、及び、制御ブロック902、903に相当する指令電流補正処理(図10)を実行する。

$$i_q = g(T) > 0$$

ただし、ここで、 g は温度 T より q 軸補正電流 i_q を求める所定の関数である。

【0034】以上の制御ブロック901に相当する処理の実行後には、図9の制御ブロック902に相当するステップ105では、(7)に従って d 軸の温度 T に応じた補正後の指令電流 I_d を決定する。これにより、高温時には第1実施例と同様に、温度の上昇に伴って弱まる※

$$I_q = i_q^* - i_q$$

この(12)、(13)より、 $T < T_0$ なる低温時には、補正のために更に電力を消費する必要がなくなり、第1実施例の図8の方法よりも電流振幅 I_m を小さく抑えることができることが判る。即ち、本第2実施例によれば低温時には、消費電力を軽減できるという効果が得られる。

【0036】尚、上記の実施例においては、モータ M にはブラシレス直流モータを用いているが、本発明は、交流同期モータのモータ制御装置に適用することも可能である。

【0037】また、上記の実施例においては、モータ M は3相の電流により駆動されているが、本発明は、 N 相モータ($N \geq 2$)のモータ制御装置にも適用することができる。

【0038】また、本発明は、パワー・ステアリング・システムに限らず、切削機、研削盤、EHPS、マニピュレータなどに用いられるモータ制御装置にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1及び第2実施例におけるパワー・ステアリング・システム80のハードウェア構成図。

【図2】本発明の第1実施例におけるモータ制御装置100の制御ブロック・ダイアグラム。

【図3】本発明の第1及び第2実施例におけるベクトル制御処理のゼネラル・フローチャート。

【図4】本発明の第1実施例における d 軸電流補正処理

*【0032】図10に、本第2実施例における指令電流補正処理のフローチャートを示す。本指令電流補正処理は、図3のステップ435に示されるサブルーチンとして呼び出されるものである。

【0033】本指令電流補正処理では、まず最初に、図9の制御ブロック901に相当する処理を実行する。即ち、まず最初にステップ101により、モータ温度 T を判定し、 $T \geq T_0$ の場合にはステップ103へ、そうでない場合にはステップ107へ処理を移す。次にステップ103では、第1実施例と同様に、 d 軸の補正電流 i_d の値を(6)に従って決定する。また、ステップ107では、 q 軸の補正電流 i_q の値を次式(12)に従って決定する。

【数12】

$$\dots (12)$$

※永久磁石や鉄芯の磁力(磁束)を補うことが可能となる。

【0035】また、図9の制御ブロック903に相当するステップ109では、次式(13)に従って q 軸の温度 T に応じた補正後の指令電流 I_q を決定する。

【数13】

$$\dots (13)$$

のフローチャート。

【図5】本発明の第1実施例におけるモータ温度に対する d 軸補正電流のグラフ。

【図6】本発明の第1実施例における指令電流のベクトル図(モータ常温時)。

【図7】本発明の第1実施例における指令電流のベクトル図(モータ高温時)。

【図8】本発明の第1実施例における指令電流のベクトル図(モータ低温時)。

【図9】本発明の第2実施例におけるモータ制御装置100の制御ブロック・ダイアグラム。

【図10】本発明の第2実施例における指令電流補正処理のフローチャート。

【図11】従来のモータ制御装置の制御ブロック・ダイアグラム。

【図12】従来のモータ制御装置の q 軸電流補正処理のフローチャート。

【図13】従来のモータ制御装置のモータ温度に対する q 軸補正電流のグラフ。

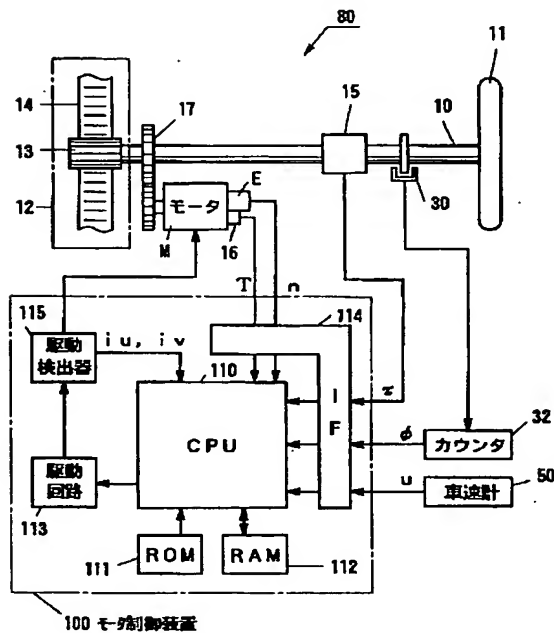
【図14】従来のモータ制御装置の指令電流のベクトル図(モータ高温時)。

【符号の説明】

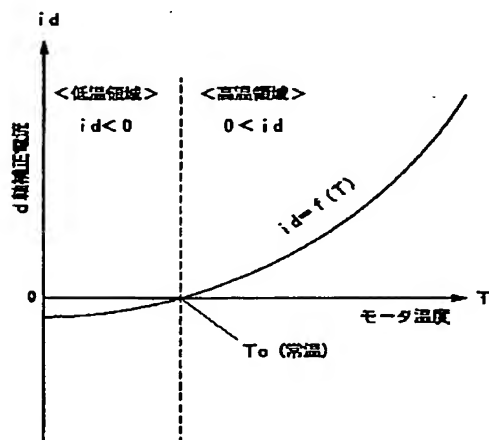
M	…	ブラシレス直流モータ
E	…	回転センサ(エンコーダ)
15	…	トルク検出器
16	…	温度センサ

9
 100 … モータ制御装置
 113 … 駆動回路
 T … モータMの温度
 n … モータMのロータの微小回転回数
 θ … モータMのロータの回転角
 τ … 操舵トルク
 ϕ … 操舵角
 u … 車両速度
 i_d^* … 補正前のd軸の指令電流
 i_q^* … 補正前のq軸の指令電流
 i_d … d軸の補正電流

【図1】



【図5】

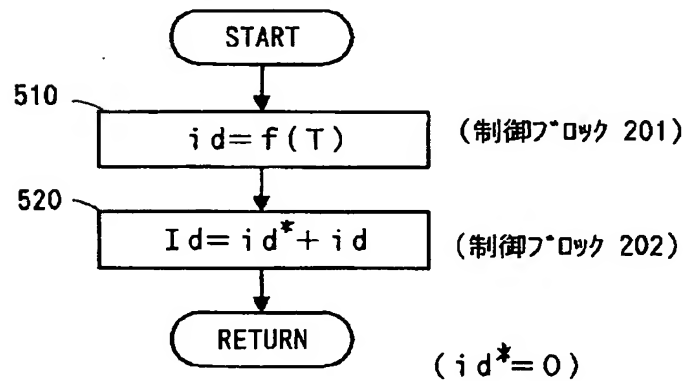


10

i_q … q軸の補正電流
 I_d … 補正後のd軸の指令電流
 I_q … 補正後のq軸の指令電流
 i_{df} … d軸の測定電流 (フィード・バック電流)
 i_{qf} … q軸の測定電流 (フィード・バック電流)
 ΔI_d … d軸の電流偏差
 ΔI_q … q軸の電流偏差
 Δi_q … 従来技術におけるq軸の補正電流
 f … 温度Tよりd軸補正電流 i_d を求める関数
 10 g … 温度Tよりq軸補正電流 i_q を求める関数

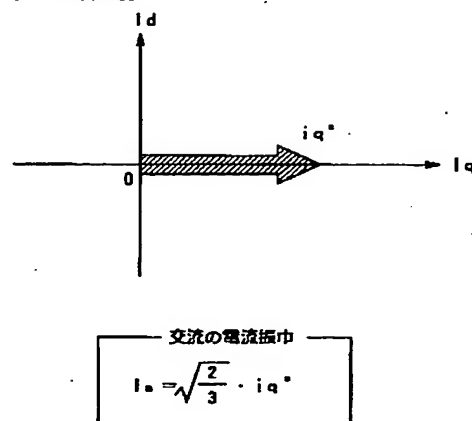
【図4】

〔d軸電流補正処理〕

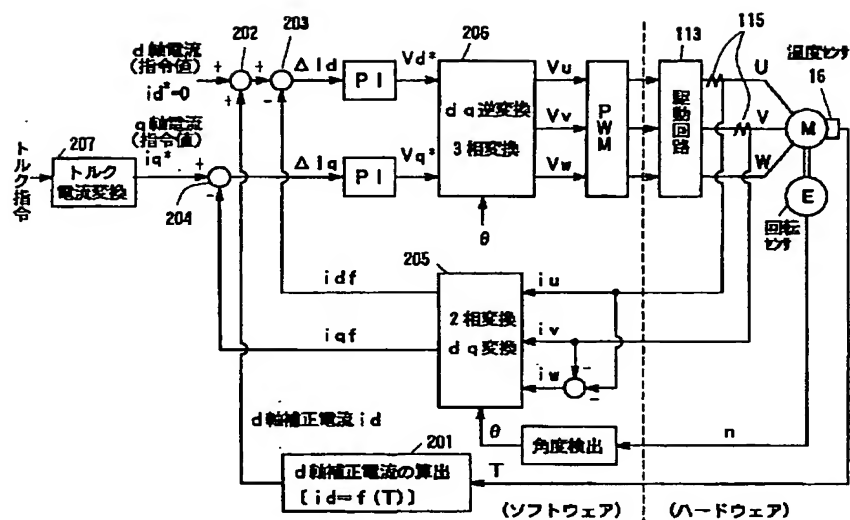


【図6】

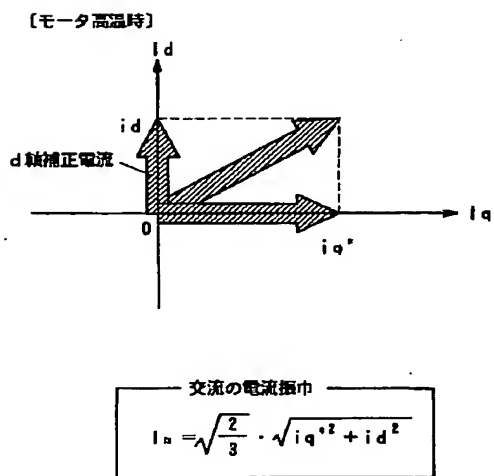
〔モータ常温時〕



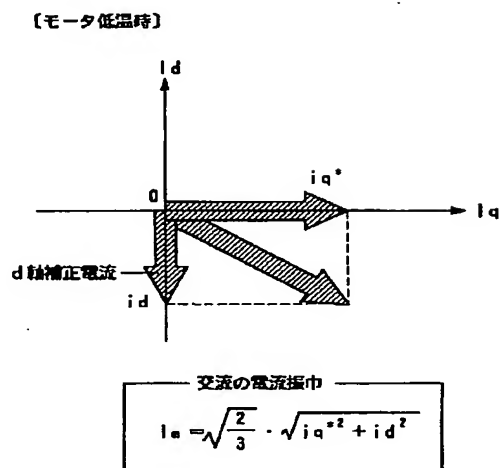
【図 2】



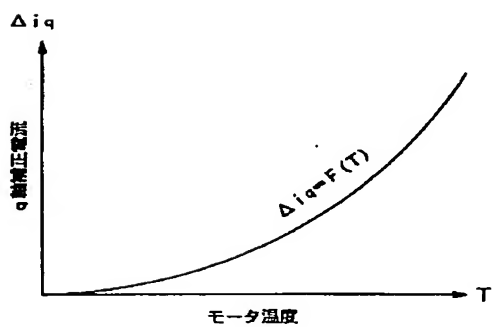
【図 7】



【図 8】

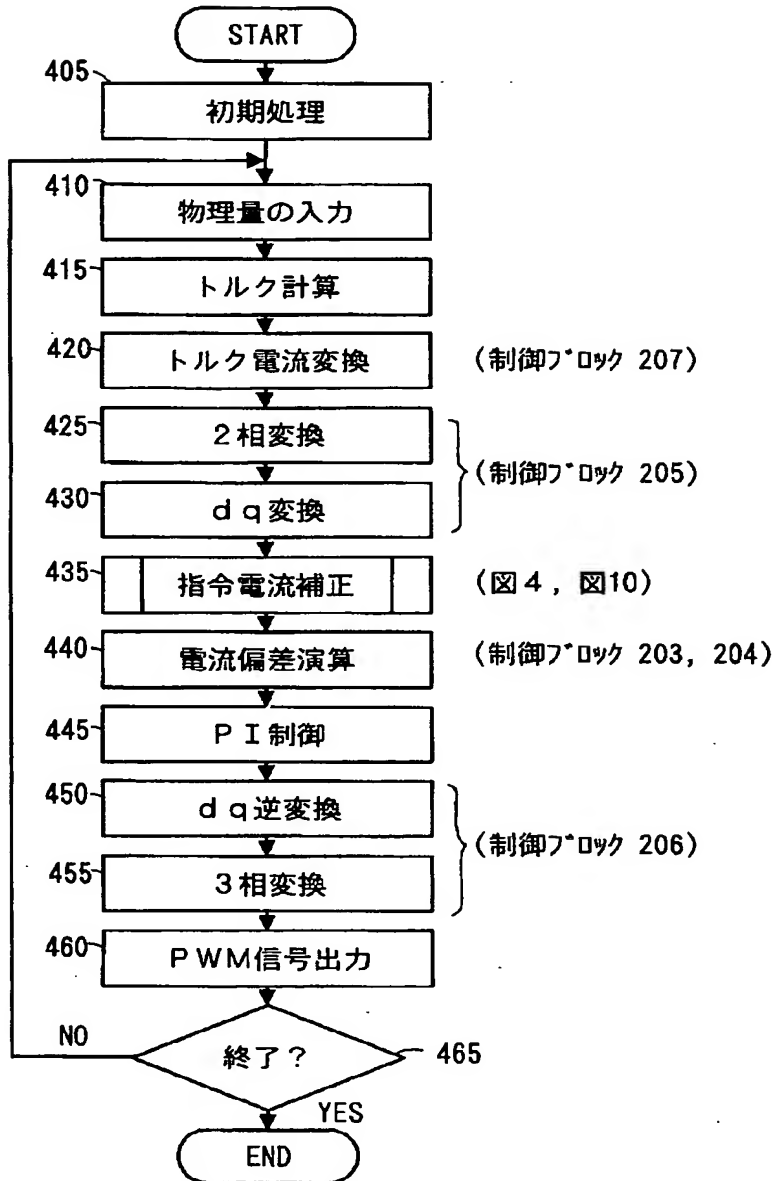


【図 13】

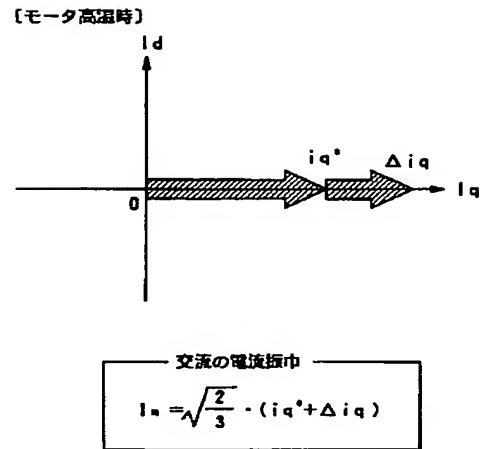


【図 3】

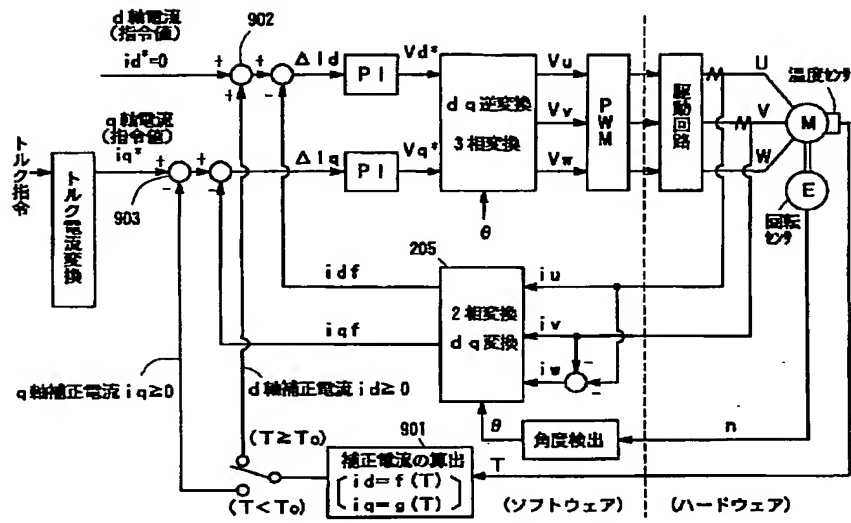
[ベクトル制御処理]



【図 14】

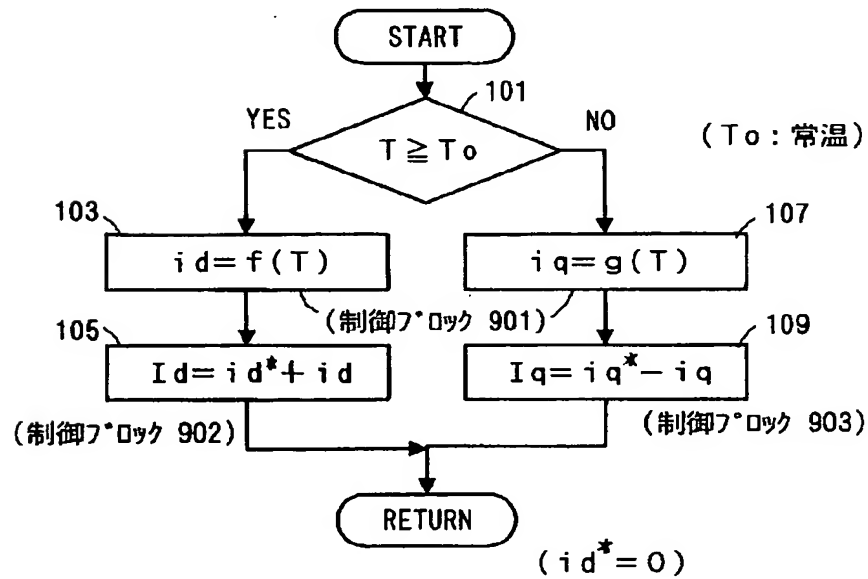


【図 9】

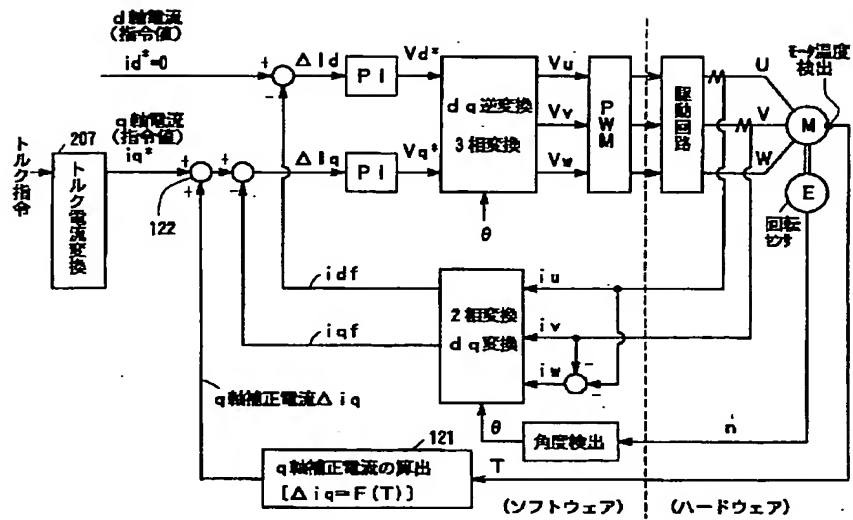


【図 10】

【指令電流補正処理】

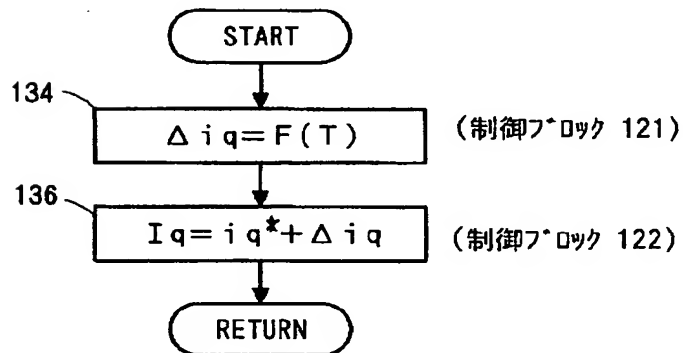


【図 11】



【図 12】

〔q 軸電流補正処理〕



フロントページの続き

Fターム(参考) 3D032 CC48 CC49 DA03 DA09 DA15
DA23 DA63 DA64 DA67 DD20
EC23
3D033 CA03 CA13 CA16 CA17 CA19
CA20 CA21
5H560 AA08 AA10 BB04 DA07 DC12
JJ02 TT02 TT12 TT15 XA02
XA04 XA13
5H576 AA15 BB02 BB03 BB06 CC04
DD10 EE01 EE11 GG01 GG02
GG03 GG04 HA03 JJ03 JJ25
KK06 LL07 LL12 LL22 LL38
LL42 LL45 MM06 MM12 PP01

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.